

продовольствия Республики Крым на 2015 - 2017 годы» [Электронный ресурс].
– Режим доступа: http://msh.rk.gov.ru/file/postanovlenie_soveta_ministrov_respubliki_krim_ot423.pdf

УДК 581.12+58.04

**ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА КАДМИЯ НА НЕКОТОРЫЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ
КУКУРУЗЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА**

*Газизова Наталья Ивановна,
кандидат биологических наук, научный сотрудник Казанского
института биохимии и биофизики КазНЦ РАН, Казань
natgazizova@mail.ru*

**EFFECT OF CADMIUM SULFATE ON SEVERAL FUNCTIONAL
CHARACTERISTICS OF MAIZE AND SUNFLOWER SEEDLING ROOTS**

*Gazizova Natalya,
PhD on biological Sciences, research associate of the Kazan Institute of
Biochemistry and biophysics RAS, Kazan*

Аннотация

Статья посвящена исследованию сравнительно быстрых ответных реакций растений на воздействие тяжелого металла – кадмия (Cd). Установлено, что кадмий снижает способность корней подкислять среду произрастания и вызывает подавление поглощения кислорода корнями растений. Полученные экспериментальные данные обсуждаются в аспекте действия тяжелого металла на эффективность работы мембраносвязанных ферментов и уровня защитно-адаптационного потенциала растительного организма.

Annotation

The article is devoted to relatively rapid plant responses to effect cadmium (Cd) on plant functions. It is established that Cd decreases root possibility to acidify a growth medium and causes depression of oxygen absorption by plant roots.

The obtained experimental data are discussed in the aspect of effect on membrane-associated enzymes and defence-adaptational level of plant organism.

Ключевые слова: кадмий, растения, физиологические функции

Keywords: cadmium, plants, physiological functions

Введение

Интенсивное развитие промышленно-энергетического потенциала привело к активному поступлению и значительному накоплению многих элементов в биосфере. Следствием техногенного загрязнения окружающей среды явилось образование антропогенных биогеохимических аномалий по

содержанию химических токсикантов, представляющих серьезную опасность для всех живых организмов.

Так, в последнее время прогрессирует насыщение биосферы тяжелыми металлами - кадмием, цинком, свинцом, никелем, медью и др., что вызвало появление определения "металлический пресс на биосферу", и, в свою очередь, интенсифицировало медико-биологические исследования по влиянию тяжелых металлов на живые организмы [2, 3].

Среди тяжелых металлов особое место по своей токсичности занимает кадмий, который в отличие от ряда элементов, не является жизненно необходимым для живых организмов, в том числе и для растений. К настоящему времени накоплено значительное количество данных, свидетельствующих о его токсичном влиянии на растения: повышенное образование активных форм кислорода (окислительный взрыв), ингибирование ферментов и ферментных комплексов, что вызывает подавление таких жизненно важных функций как фотосинтез, дыхание, метаболизм азота, поглощение воды и элементов минерального питания и, в конечном итоге, неизбежно приводит к ингибированию роста и развития растений [4]. Установлено, что в ответ на "кадмиевый стресс" активизируются различные защитные механизмы, либо ограничивающие поступление токсиканта в живые клетки, либо способствующие связыванию этого элемента и, таким образом, уменьшающие его метаболическую активность. Выявлено, например, что повышенные концентрации кадмия в среде вызывают усиление лигнификации корней растений, ограничивающей поступление токсиканта в корни [8], инициируют синтез цистеин-содержащих пептидов – фитохелатинов, связывающих Cd, и, таким образом, исключаяющих его из метаболизма [6]. Показано, что при проникновении кадмия в клетки происходит $\text{Cd}^{2+}/2\text{H}^{+}$ антипорт в вакуоль, где ионы кадмия связываются с органическими кислотами и аминокислотами [5] и, таким образом, он также исключается из активного метаболизма.

В подавляющем большинстве исследований данные получены при применении высоких концентраций кадмия в долговременных экспериментах. Сравнительно мало работ, посвященных изучению относительно быстрых ответных реакций растений на его действие.

Представленная работа посвящена изучению влияния кадмия на некоторые физиологические функции корней растений подсолнечника и кукурузы в первые часы действия токсиканта.

Методика

Эксперименты проводили на 6-7 дневных проростках подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и кукурузы (*Zea mays*). Проростки выращивали в лабораторных условиях, в стеклянных стаканах в питательной среде Кнопа, разбавленной 1:10, при непрерывной аэрации и освещенности 20-25 Вт/м², 14-часовом светопериоде и температуре воздуха 25⁰/20⁰С (день/ночь).

Воздействие на корневую систему растений оказывали внесением в питательную среду сульфата кадмия. Кадмий вносили с таким расчетом, чтобы его конечная концентрация в питательной среде составляла 10^{-6} и 10^{-4} М. Корни проростков выдерживались в среде с кадмием в течение 4-5 часов, в течение которых через каждый час проводились измерения.

Дыхание отсеченных корней проростков определяли классическим методом Варбурга в 3-х повторностях [1].

Измерение значений рН питательной среды осуществляли комбинированным электродом на прецизионном рН-метре ОР-208/1 (Венгрия).

В работе приведены типичные результаты одного из трех-четырех отдельно проведенных экспериментов.

Результаты и обсуждение

Функциональная активность органов растений является одной из важных характеристик устойчивости растений к стрессам. Функциональную активность корневой системы можно оценить по эффективности работы протонных насосов. Достаточно простым способом оценки меры их активности является регистрация протонирования питательной среды, т.е. изменения ее рН.

Данные, отражающие изменение значений рН, приведены в таблице. Как видно из таблицы, при действии сульфата кадмия в концентрации 10^{-4} М происходило заметное и продолжительное ингибирование выхода протонов в питательную среду по сравнению с контрольным вариантом. Сульфат кадмия в меньшей концентрации - 10^{-6} М лишь в первые 2 часа вызывал снижение выхода протонов. К 4 часу их поступление в среду было уже на уровне контрольного варианта.

Полученные нами данные находятся в соответствии с данными литературы о подавлении активности H^{+} -АТФаз плазмалеммы корней растений при действии кадмия [10]. Их можно объяснить также нарушением мембранной проводимости, вызванным прямым влиянием ионов кадмия на липидные компоненты плазмалеммы [7].

Таблица. Динамика изменения значений рН питательной среды при действии сульфата кадмия на корневую систему проростков подсолнечника

Вариант	Время, час				
	1	2	3	4	5
Контроль	4,72	4,69	4,67	4,63	4,70
$CdSO_4$ 10^{-6} М	4,83	4,93	4,97	4,70	4,60
$CdSO_4$ 10^{-4} М	4,93	4,92	5,35	5,35	5,35

Функциональная активность растительного организма в значительной степени зависит от интенсивности дыхания его корневой системы. Данные,

отражающие интенсивность дыхания корней проростков подсолнечника под влиянием сульфата кадмия приведены на рисунке. Как следует из рисунка, в первые 2 часа кадмий вызывал концентрационно-зависимое снижение интенсивности поглощения кислорода корнями. В последующие 2 часа наблюдалась стимуляция дыхания в обоих опытных вариантах. При этом к 4-му часу интенсивность дыхания корней при концентрации $\text{Cd } 10^{-6} \text{ М}$ даже превышала интенсивность дыхания корней контрольного варианта, а при концентрации 10^{-4} М восстанавливалась только до уровня контрольных растений.

Снижение интенсивности дыхания корней в первые 2 часа их экспозиции в растворах сульфата кадмия может быть связано с подавлением активности мембраносвязанных ферментов, что подтверждается и нашими данными об ингибировании работы протонных насосов (табл.)

Восстановление, а в варианте с концентрацией $\text{Cd } 10^{-6} \text{ М}$ даже увеличение поглощения O_2 корнями, вероятно, обусловлено включением защитных адаптационных механизмов, которые позволяют растению справиться с негативным действием токсиканта.

Необходимо отметить, что при более высокой концентрации кадмия (10^{-3} М), наблюдали значительное снижение интенсивности дыхания корней риса [9], что свидетельствует о недостаточности потенциала защитных механизмов при действии таких высоких концентраций токсиканта.



Таким образом, данные нашего исследования показали, что сульфат кадмия оказывает влияние на функциональное состояние корневой системы растений уже в первые часы действия токсиканта. Однако степень его негативного влияния зависит от концентрации, времени и защитно-адаптационного потенциала растительного организма.

Список литературы

1. Семихатова О.А., Чулановская М.В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза растений. М.-Л.: Наука, 1965.
2. Benavides M.P., Gallego S.M. and Iomaro M.L. Cadmium toxyti in plants // Draz. J. Plant Physiol., 2005. 17. 21-30.
3. Bernard A. Cadmium & its adverse effects on human health // Indian J. Med. Res. 2008. 128. Pp. 557-564.
4. Bi Y., Chen WE., Zhang W., Zho Q., Yun l., Xing D. Production of reactive oxygen species impairment of photosynthetic function and dynamic changes in mitochondriaare early events in cadmium-induced cell death in *Arabidopsis thaliana* // Biol. Cell, 2009, V. 101, p. 629-643.
5. Gries G.E., Wagner G.J. Association of nickel versus transport of cadmium in tonoplast of oat roots // Planta, 1998. 204. Pp. 390-396.
6. Grill E., Winnacker E.L., Zenk M.H. Phytochelatins: The principal heavymetal complexing peptides of higher plants // Science. 1985. V. 230. P.674–676.
7. Hernandez L., Cooke D. Modification of root plasma membrane lipid composition of cadmium treated *Pisum sativum* // J. Exp. Bot., 1997. V. 48. P. 1375-1381.
8. Ievinsh G., Romanovskaya O. Accelerated lignification as a possible mechanism of growth inhibition in winter rye seedlings caused by ethephon and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid // Plant Physiol. Biochem., 1991, 29, pp. 327–331.
9. Llamas A., Ulrich C., Sanz A. Cadmium effects on transmembrane permeability of rice (*Oriza sativa*) roots // Plant and Soil, 2000. V. 219. P 21-28.
10. Obata H., Inoue N., Umebayashi M. Effect of cadmium on plasma membrane ATPase from plant roots differing in tolerance to cadmium // Soil Sci. Plant Nutr. 42. P. 361-366.

УДК 633.81:631

ЭФИРОМАСЛИЧНАЯ ОТРАСЛЬ КРЫМА

Демченко Николай Петрович

доктор биол. наук, профессор, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь

Полякова Наталья Юрьевна